

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-101343

(43)Date of publication of application : 21.04.1998

(51)Int.Cl.

C03B 8/04  
C03B 20/00  
C03B 37/018  
F23D 14/22  
G02B 6/00

(21)Application number : 09-109079

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 25.04.1997

(72)Inventor : OGA YUICHI  
NAKAMURA MOTONORI  
DANZUKA TOSHIO

(30)Priority

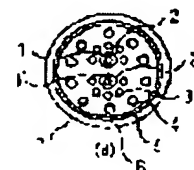
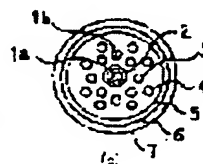
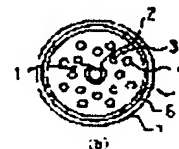
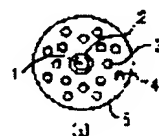
Priority number : 08114988 Priority date : 09.05.1996 Priority country : JP

## (54) METHOD FOR SYNTHESIZING FINE GLASS PARTICLE AND FOCAL BURNER THEREFOR

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide the method and focal burner for synthesizing a fine glass particle by which the fine glass particle is efficiently formed and accumulated, and a base material excellent in productivity and high in synthesis rate is produced.

**SOLUTION:** A fine glass particle is synthesized by this method and a focal burner used therefor. Namely, the groups 3 and 4 of gaseous oxygen injection ports are concentrically arranged outside a glass material injection port 1 in the center and formed at one or plural specified focal distances, and an annular gaseous hydrogen injection port 5 enclosing the plural gaseous oxygen injection ports is provided to the burner. The focal distances of the groups of gaseous oxygen injection ports are controlled in an appropriate range, and the fine glass particle is formed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

23.10.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the

examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3543537

[Date of registration] 16.04.2004

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 10 - 101343

(43) 公開日 平成10年(1998)4月21日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup> 識別記号

C 0 3 B 8/04

20/00

37/018

F 2 3 D 14/22

G 0 2 B 6/00

3 5 6

審査請求 未請求 請求項の数 1 2 O L

F I

C 0 3 B 8/04

20/00

37/018

F 2 3 D 14/22

G 0 2 B 6/00

C

K

3 5 6 A

(全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平9-109079

(22) 出願日 平成9年(1997)4月25日

(31) 優先権主張番号 特願平8-114988

(32) 優先日 平8(1996)5月9日

(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 大賀 裕一

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 中村 元宣

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 弾塚 俊雄

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

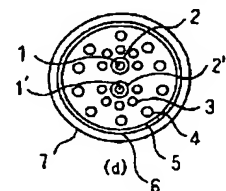
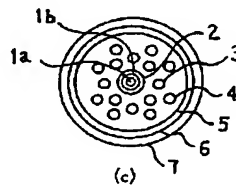
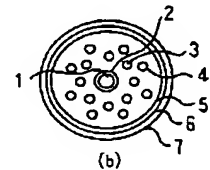
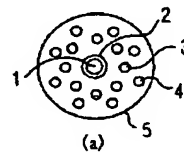
(74) 代理人 弁理士 内田 明 (外2名)

(54) 【発明の名称】 ガラス微粒子合成方法及びそのための焦点型バーナ

## (57) 【要約】

【課題】 ガラス微粒子の生成、堆積を効率的に行うことができ、生産性に優れた合成速度の高い母材製造が可能なガラス微粒子合成方法及びガラス微粒子合成用焦点型バーナを提供すること。

【解決手段】 中心のガラス原料ガス噴出ポートの外側に同心円上に配列され、一つ又は複数の特定焦点距離の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の水素ガス噴出ポートを有するガラス微粒子合成用焦点型バーナを使用し、各酸素ガス噴出ポート群の焦点距離を適切な範囲に制御してガラス微粒子を生成させることを特徴とするガラス微粒子合成方法及びそのために使用するガラス微粒子合成用焦点型バーナ。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ガラス原料ガスを火炎中で加水分解反応又は酸化反応させてガラス微粒子を生成させ、回転する出発部材に堆積させて多孔質ガラス母材を作製するガラス微粒子合成方法において、中心のガラス原料ガス噴出ポートの外側にガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の水素ガス噴出ポートを有するガラス微粒子合成用焦点型バーナを使用し、前記酸素ガス噴出ポート群が一つの場合には酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離を、水素ガス噴出ポートに内包される酸素ガス噴出ポート群の焦点距離が該酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離の1〜4倍となるように制御し、前記酸素ガス噴出ポート群が複数の場合には酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離を、水素ガス噴出ポートに内包される酸素ガス噴出ポート群のうち焦点距離が最も短い群の焦点距離が該酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離の1〜4倍となり、2番目以降の群の焦点距離が該酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離の1〜6倍となり、かつ、外側の酸素ガス噴出ポート群の焦点距離が内側の酸素ガス噴出ポート群の焦点距離よりも小さくならないように制御してガラス微粒子を生成させることを特徴とするガラス微粒子合成方法。

【請求項2】 酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離を、水素ガス噴出ポートに内包される酸素ガス噴出ポート群のうち焦点距離が最も短い群の焦点距離が該酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離の1〜2倍となり、2番目以降の群の焦点距離が該酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離の1〜4倍となるようにすることを特徴とする請求項1に記載のガラス微粒子合成方法。

【請求項3】 多孔質ガラス母材堆積面へのガラス微粒子の堆積量に応じてバーナを後退させ、酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離をほぼ一定に保持しながらガラス微粒子の合成を行うことを特徴とする請求項1又は2に記載のガラス微粒子合成方法。

【請求項4】 ガラス原料ガス噴出ポートに水素ガスを供給しながらガラス微粒子の合成を行うことを特徴とする請求項1〜3のいずれか一つに記載のガラス微粒子合成方法。

【請求項5】 請求項1〜4のいずれか一つに記載のガラス微粒子合成方法を実施するためのガラス微粒子合成用焦点型バーナであって、中心にガラス原料ガス噴出ポート、この外周に円環状の第1の水素ガス噴出ポート又

は不活性ガス噴出ポートを有し、更にこの外周に中心のガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の第2の水素ガス噴出ポートを有してなることを特徴とするガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

【請求項6】 請求項1〜4のいずれか一つに記載のガラス微粒子合成方法を実施するためのガラス微粒子合成用焦点型バーナであって、中心にガラス原料ガス噴出ポート、この外周に円環状の第1の水素ガス噴出ポート、第1の水素ガス噴出ポートの外周に円環状の不活性ガス噴出ポートを有し、更にこの外周に中心のガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の第2の水素ガス噴出ポートを有してなることを特徴とするガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

【請求項7】 請求項1〜4のいずれか一つに記載のガラス微粒子合成方法を実施するためのガラス微粒子合成用焦点型バーナであって、中心にガラス原料ガス噴出ポート、この外周に円環状の第2のガラス原料ガス噴出ポート、第2のガラス原料ガス噴出ポートの外周に円環状の第1の水素ガス噴出ポート又は不活性ガス噴出ポートを有し、更にこの外周に中心のガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の第2の水素ガス噴出ポートを有してなることを特徴とするガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

【請求項8】 請求項1〜4のいずれか一つに記載のガラス微粒子合成方法を実施するためのガラス微粒子合成用焦点型バーナであって、中心付近にガラス原料ガス噴出ポートを2個有し、これらガラス原料ガス噴出ポート外周に各々円環状の第1の水素ガス噴出ポート又は不活性ガス噴出ポートを有し、更にこれらの外周に中心のガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の第2の水素ガス噴出ポートを有してなることを特徴とするガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

【請求項9】 請求項1〜4のいずれか一つに記載のガラス微粒子合成方法を実施するためのガラス微粒子合成用焦点型バーナであって、中心付近にガラス原料ガス噴出ポートを2個有し、これらガラス原料ガス噴出ポート外周に各々円環状の第1の水素ガス噴出ポート更にその外周には各々円環状の不活性ガス噴出ポートを有し、更

にこれらの外周に中心のガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の第2の水素ガス噴出ポートを有してなることを特徴とするガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

【請求項10】 請求項1～4のいずれか一つに記載のガラス微粒子合成方法を実施するためのガラス微粒子合成用焦点型バーナであって、中心付近にガラス原料ガス噴出ポートを2個有し、これらガラス原料ガス噴出ポート外周に各々円環状の第2のガラス噴出ポート、第2のガラス原料ガス噴出ポートの外周には各々円環状の第1の水素ガス噴出ポート又は不活性ガス噴出ポートを有し、更にこれらの外周に中心のガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の第2の水素ガス噴出ポートを有してなることを特徴とするガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

【請求項11】 第2の水素ガス噴出ポートの外周に環状の酸素ガス噴出ポートを設けるか、又は第2の水素ガス噴出ポートの外周に環状の不活性ガス噴出ポート、更にこの外周に環状の酸素ガス噴出ポートを設けたことを特徴とする請求項5～10のいずれか一つに記載のガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

【請求項12】 第2の水素ガス噴出ポートに内包される酸素ガス噴出ポートが1～3列に配列され、前記酸素ガス噴出ポートが1列の場合には焦点距離の異なる二つの酸素ガス噴出ポート群で構成され、前記酸素ガス噴出ポートが2列又は3列の場合にはそれぞれの列が同一の焦点距離の酸素ガス噴出ポート群を構成し、外側の酸素ガス噴出ポート群の焦点距離が内側の酸素ガス噴出ポート群の焦点距離よりも小さくないように構成されてなることを特徴とする請求項5～11のいずれか一つに記載のガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高純度の石英ガラスを合成するために中間段階として製造する多孔質ガラス母材の製造、又は直接石英ガラスの製造に適用されるガラス微粒子合成方法及びその方法に用いられるバーナに関する。この方法及びバーナで合成した多孔質ガラス母材は、加熱処理により脱水及び／又は透明化を行うことにより高純度の石英ガラスを製造することが可能である。

#### 【0002】

【従来の技術】高純度のガラス母材を合成する方法として、VAD法（気相軸付け法：VapourPhase Axial Depo

sition method)あるいはOVD法（外付け法：Outside Vapour Deposition method)が一般的である。VAD法は、例えば特公昭59-13452号公報に開示されているように、バーナで形成された酸素ガス-水素ガス火炎中にガラス原料ガス（例えばSiCl<sub>4</sub>）を供給し、火炎加水分解反応あるいは酸化反応によりガラス微粒子を生成し、これをターゲットに付着、堆積し、このターゲットを回転しつつ母材の軸方向に引き上げることにより多孔質状のガラス母材を合成する方法である。こうして合成した多孔質ガラス母材は、焼結炉で加熱されることにより透明な高純度ガラス母材を製造することができる。このとき、屈折率分布を形成する場合には屈折率を変化させるドーパント原料ガス（例えばGeCl<sub>4</sub>）をガラス原料ガスとともにバーナに供給することにより、屈折率分布を形成することができる。この場合に用いられるバーナは、前記特公昭59-13452号公報に示されるような同心円上の多重管バーナが用いられるが、更に合成の効率を上げるため特開昭61-183140号公報に示すようないわゆる2重火炎バーナのような構造のバーナが開示されている。

【0003】OVD法は、例えば特開昭48-73522号公報に示されるように、回転するガラスロッドの外周部に、ガラス原料ガスの加水分解反応あるいは酸化反応により生成したガラス微粒子を堆積、積層させ、母材外径を次第に大きくし、所定量のガラス微粒子が堆積された後、堆積を停止し、ガラスロッドの外周に多孔質ガラス母材を合成する方法である。この母材は、中心のガラスロッドを引き抜いた後透明化することにより透明ガラスパイプを製造する場合と、そのまま焼結して透明ガラス化する場合とが知られている。この場合に用いられるバーナは、特開昭62-187135号公報に示されるような環状の可燃性ガス噴出流路の中に複数の助燃性ガス噴出流路を設けた構造が開示されている。このバーナは、中心にガラス原料ガス噴出流路を有し、この外周に複数の独立した助燃性ガス（酸素ガス）噴出流路が配置され、この助燃性ガス噴出流路の周囲に環状の可燃性ガス噴出流路が設けられた構造をしている。また、ガラス原料ガス噴出流路と可燃性ガス噴出流路との間に不活性ガス噴出ポートを設けた構造、あるいは可燃性ガス噴出流路の外周に不活性ガス噴出流路、助燃性ガス噴出流路を備えた構造も開示している。更に、特開平5-323130号公報に示される多焦点型のバーナ構造も開示されている。このバーナは、助燃性ガス噴出流路をバーナ中心軸方向に向けた焦点型構造としている。出発ロッドの外周に多孔質ガラス母材を合成する方法では、上記OVD法以外に例えば特公平5-83499号公報に開示されているように出発ロッドの片端からガラス微粒子を合成し始め、ガラスロッドの軸方向にガラスロッドを引き上げて製造する方法も知られている。

【0004】従来、このような気相合成法での多孔質ガ

ラス母材合成技術は、基本的な技術は既に確立され、最近ではもっぱら生産性の向上に開発の力点が置かれている。生産性を示すパラメータとして、単位時間当たり合成される多孔質ガラス母材の重量が合成速度と称して用いられる(g/分)が気相合成法で合成速度を上げるには、火炎中でのガラス原料ガスの反応を促進し、かつ生成したガラス微粒子を効率的に堆積面付着、堆積させていくことが重要なポイントである。ガラス微粒子の反応を促進するには、反応時間を長くし、反応温度を高くすることが必要である。また、堆積を促進するためには、堆積面と火炎との温度差を大きくし、ガラス微粒子に働くサーモホレシス効果(微細な粒子は温度勾配のある流れ場の中で高温側(火炎)から、低温側(堆積面)の方向に温度勾配に比例した力を受ける。この現象をサーモホレシス効果と称する)を最大限に利用することが必要と考えられる。一般的に、単純にガラス原料ガスを増量しただけでは、反応あるいは堆積の効率が低下し、合成速度は頭打ちになってしまう。これは、特公昭59-13452号公報に示されるような5重管に代表されるような火炎が一つ形成されるバーナでは、原料ガスの反応を促進するためには、バーナを堆積面から離すと火炎の流速が遅いために母材に到達する火炎温度は低下し、堆積効率が低下する。一方燃料ガスの流量を上げると火炎中心温度が上昇しすぎ、火炎の中心が当たっている堆積面の温度が局部的に上昇し、逆にガラス微粒子の堆積を妨げることになるのである。

【0005】このような問題を解決する手段として特開昭61-183140号公報に開示されているような多重火炎バーナが開発されている。このバーナは、ガラス原料ガスを反応させる内側火炎と母材を加熱し、生成したガラス微粒子の堆積を促進するための外側火炎から成っており、ガラス原料ガスの反応時間を稼ぐために、内側火炎の噴出位置が外側火炎に対して後方に下がった構造になっている。外側火炎の存在により、母材の加熱が容易になり、大型の母材製造が可能になるとともにサーモホレシス効果の促進に有利となっている。しかしながら、このような多重管バーナでは、外周部のポートほど外径が大きくなるためにガス噴出口の断面積が大きくなり、ガスの噴出流速が低下する。噴出流速は、火炎の強さを決めるもので流速が小さいと母材の加熱が十分できず、多重火炎バーナの利点を生かせないことになる。ポートの隙間を小さくし断面積を絞ることもできるがこの場合には実質的なバーナのサイズが小さくなり、加熱できる母材の大きさに制限が生じてしまう。この結果、多重火炎バーナで合成速度を稼ぐためには、ポートの数を増やし、且つ断面積の増加に伴いガスの流量を増加し流速を稼ぐことが必要となり、ガスの使用量の増大、配管系統数の増加を招き、合成速度の向上による経済効果がこれらの経費増大により相殺されてしまう事態となっている。

【0006】上記問題点に対して、特開昭62-187135号公報に示された少口径助燃性ガス噴出流路を複数個備えたバーナ構造が提案されている。この構造のバーナは、助燃性ガスの噴出流量を断面積の小さな複数の流路に分割することで、助燃性ガスの噴出速度を多重火炎バーナに比べ大幅にアップし火炎の流速を速める効果がある。この結果、火炎を堆積面から離しても火炎温度が低下することなく、助燃性ガス流量も増大することなくガラス原料ガスの反応に必要な距離だけ、バーナを堆積面から離すことが可能となる。また、助燃性ガス噴出流路を複数にすることにより、流路の中心からの距離に関係なく、断面積を選択することが可能となり、多重管バーナに比べ、ガスの使用量、配管系統数を削減できる効果がある。しかしながら、この構造の場合、火炎形成がガラス原料ガス噴出ポートから離れた位置になされるため、ガラス原料ガスの反応に必要な酸素ガス、あるいはH<sub>2</sub>Oガスが原料ガスと混合しにくいという問題が生じた。火炎の流速が速くなるため、バーナとガラス微粒子堆積面との距離を離すことが可能になるが、ガラス原料ガスの反応の進行速度が遅くなるため、火炎流速を速くした効果が相殺されてしまい、十分な反応が進まないまま、堆積面に到達するという問題が生じた。

【0007】ガラス原料ガスと酸素ガス、あるいはH<sub>2</sub>Oガスとの反応を促進させるため、特開平5-323130号公報には、可燃性ガス噴出流路内に原料ガス噴出流路の外側へ行くに従い、同心円上に配置された小口径助燃性ガス噴出流路の焦点距離を長くする多焦点型のバーナ構造が開示されている。この構造のバーナでは、原料ガスが複数回にわたって、高温部である焦点位置を通過するとともに、各焦点位置で原料ガスが助燃性ガスと良く攪拌され加水分解による反応を促進させることが可能となる。ところが、原料ガスと助燃性ガスとの反応を促進させるために、焦点距離を小さくしすぎるとは、逆に原料ガス流の流れを乱し、合成速度を低下せしめるだけでなく、生成したガラス微粒子が助燃性ガス噴出ポート先端に付着、ガラス化して、バーナの継続使用を困難なものとしていた。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記従来技術の種々の問題点を解消し、ガラス微粒子の生成、堆積を効率的に行うことができ、生産性に優れた、高い合成速度で母材を製造することができるガラス微粒子合成方法及びその方法を実施するためのガラス微粒子合成用焦点型バーナを提供することを目的とする。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、焦点型バーナの効果を最大限に引き出すために研究を重ねた結果、少口径助燃性ガス噴出口とガラス微粒子堆積面までの距離と焦点距離との間に適切な範囲があることを見だし、本発明に至った。すなわち、本発明は次の(1)

～(12)の構成を採るものである。

【0010】(1) ガラス原料ガスを火炎中で加水分解反応又は酸化反応させてガラス微粒子を生成させ、回転する出発部材に堆積させて多孔質ガラス母材を作製するガラス微粒子合成方法において、中心のガラス原料ガス噴出ポートの外側にガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の水素ガス噴出ポートを有するガラス微粒子合成用焦点型バーナを使用し、前記酸素ガス噴出ポート群が一つの場合には酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離を、水素ガス噴出ポートに内包される酸素ガス噴出ポート群の焦点距離が該酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離の1～4倍となるように制御し、前記酸素ガス噴出ポート群が複数の場合には酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離を、水素ガス噴出ポートに内包される酸素ガス噴出ポート群のうち焦点距離が最も短い群の焦点距離が該酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離の1～4倍となり、2番目以降の群の焦点距離が該酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離の1～6倍となり、かつ、外側の酸素ガス噴出ポート群の焦点距離が内側の酸素ガス噴出ポート群の焦点距離よりも小さくならないように制御してガラス微粒子を生成させることを特徴とするガラス微粒子合成方法。

【0011】(2) 酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離を、水素ガス噴出ポートに内包される酸素ガス噴出ポート群のうち焦点距離が最も短い群の焦点距離が該酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離の1～2倍となり、2番目以降の群の焦点距離が該酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離の1～4倍となるようにすることを特徴とする前記(1)のガラス微粒子合成方法。

【0012】(3) 多孔質ガラス母材堆積面へのガラス微粒子の堆積量に応じてバーナを後退させ、酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離をほぼ一定に保持しながらガラス微粒子の合成を行うことを特徴とする前記(1)又は(2)のガラス微粒子合成方法。

(4) ガラス原料ガス噴出ポートに水素ガスを供給しながらガラス微粒子の合成を行うことを特徴とする前記(1)～(3)のいずれか一つのガラス微粒子合成方法。

【0013】(5) 前記(1)～(4)のいずれか一つのガラス微粒子合成方法を実施するためのガラス微粒子合成用焦点型バーナであって、中心にガラス原料ガス噴出ポート、この外周に円環状の第1の水素ガス噴出ポ

ート又は不活性ガス噴出ポートを有し、更にこの外周に中心のガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の第2の水素ガス噴出ポートを有してなることを特徴とするガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

【0014】(6) 前記(1)～(4)のいずれか一つのガラス微粒子合成方法を実施するためのガラス微粒子合成用焦点型バーナであって、中心にガラス原料ガス噴出ポート、この外周に円環状の第1の水素ガス噴出ポート、第1の水素ガス噴出ポートの外周に円環状の不活性ガス噴出ポートを有し、更にこの外周に中心のガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の第2の水素ガス噴出ポートを有してなることを特徴とするガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

【0015】(7) 前記(1)～(4)のいずれか一つのガラス微粒子合成方法を実施するためのガラス微粒子合成用焦点型バーナであって、中心にガラス原料ガス噴出ポート、この外周に円環状の第2のガラス原料ガス噴出ポート、第2のガラス原料ガス噴出ポートの外周に円環状の第1の水素ガス噴出ポート又は不活性ガス噴出ポートを有し、更にこの外周に中心のガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の第2の水素ガス噴出ポートを有してなることを特徴とするガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

【0016】(8) 前記(1)～(4)のいずれか一つのガラス微粒子合成方法を実施するためのガラス微粒子合成用焦点型バーナであって、中心付近にガラス原料ガス噴出ポートを2個有し、これらガラス原料ガス噴出ポート外周に各々円環状の第1の水素ガス噴出ポート又は不活性ガス噴出ポートを有し、更にこれらの外周に中心のガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の第2の水素ガス噴出ポートを有してなることを特徴とするガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

【0017】(9) 前記(1)～(4)のいずれか一つのガラス微粒子合成方法を実施するためのガラス微粒子合成用焦点型バーナであって、中心付近にガラス原料ガス噴出ポートを2個有し、これらガラス原料ガス噴出ポート外周に各々円環状の第1の水素ガス噴出ポート更にその外周には各々円環状の不活性ガス噴出ポートを有



し、更にこれらの外周に中心のガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の第2の水素ガス噴出ポートを有してなることを特徴とするガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

【0018】(10)前記(1)～(4)のいずれか一つのガラス微粒子合成方法を実施するためのガラス微粒子合成用焦点型バーナであって、中心付近にガラス原料ガス噴出ポートを2個有し、これらガラス原料ガス噴出ポート外周に各々円環状の第2のガラス噴出ポート、第2のガラス原料ガス噴出ポートの外周には各々円環状の第1の水素ガス噴出ポート又は不活性ガス噴出ポートを有し、更にこれらの外周に中心のガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の第2の水素ガス噴出ポートを有してなることを特徴とするガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

【0019】(11)第2の水素ガス噴出ポートの外周に環状の酸素ガス噴出ポートを設けるか、又は第2の水素ガス噴出ポートの外周に環状の不活性ガス噴出ポート、更にこの外周に環状の酸素ガス噴出ポートを設けたことを特徴とする前記(5)～(10)のいずれか一つのガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

【0020】(12)第2の水素ガス噴出ポートに内包される酸素ガス噴出ポートが1～3列に配列され、前記酸素ガス噴出ポートが1列の場合には焦点距離の異なる二つの酸素ガス噴出ポート群で構成され、前記酸素ガス噴出ポートが2列又は3列の場合にはそれぞれの列が同一の焦点距離の酸素ガス噴出ポート群を構成し、外側の酸素ガス噴出ポート群の焦点距離が内側の酸素ガス噴出ポート群の焦点距離よりも小さくないように構成されることを特徴とする前記(5)～(11)のいずれか一つのガラス微粒子合成用焦点型バーナ。

【0021】本発明の方法においては、中心のガラス原料ガス噴出ポートの外側にガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の水素ガス噴出ポートを有するガラス微粒子合成用焦点型バーナを使用し、前記酸素ガス噴出ポート群が一つの場合には酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離を、水素ガス噴出ポートに内包される酸素ガス噴出ポート群の焦点距離が該酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離の1～4倍、好ましくは1～2倍となるように制御し、前記酸素ガス噴出ポート群が複

数の場合には酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離を、水素ガス噴出ポートに内包される酸素ガス噴出ポート群のうち焦点距離が最も短い群の焦点距離が該酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離の1～4倍、好ましくは1～2倍となり、2番目以降の群の焦点距離が該酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離の1～6倍、好ましくは1～4倍、更に好ましくは1.1～4倍となり、かつ、外側の酸素ガス噴出ポート群の焦点距離が内側の酸素ガス噴出ポート群の焦点距離よりも小さくならないように、好ましくは外側の酸素ガス噴出ポート群の焦点距離の方が大きくなるように制御してガラス原料ガスを火炎中で加水分解反応又は酸化反応させてガラス微粒子を生成させ、回転する出発部材に堆積させて多孔質ガラス母材を作製する。このようにすることにより、生成したガラス微粒子の流れを乱すことなく、ガラス微粒子を堆積面に付着、堆積させることができ、合成速度を向上させることができる。なお、酸素ガス噴出ポート群の焦点距離が一つとなる場合においても、焦点距離を前記のように設定することにより合成速度の向上を図ることができる。

【0022】この場合、必要により多孔質ガラス母材堆積面へのガラス微粒子の堆積量に応じてバーナを後退させ、酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離をほぼ一定に保持しながらガラス微粒子の合成を行うのが好ましい。また、中心の原料ガス噴出ポートに水素ガスを供給するようにすれば、生成したガラス微粒子の流れを安定化させる上で効果がある。

【0023】本発明のガラス微粒子合成用焦点型バーナは、前記本発明の方法を実施するためのバーナであって、その基本構造は、中心に、その外周に円環状の第1の水素ガス噴出ポート及び／又は不活性ガス噴出ポートを設けた、中心部とその外周の2層に分割されていてもよいガラス原料ガス噴出ポートを有し、この外周に中心のガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列又は複数列に配列され、同一の焦点距離を有する複数の酸素ガス噴出ポートからなる一つ又は複数の酸素ガス噴出ポート群を形成する、複数の酸素ガス噴出ポートを内包する円環状の第2の水素ガス噴出ポートを有するものであり、この第2の水素ガス噴出ポートの外周には環状の酸素ガス噴出ポートを設けるか、又は環状の不活性ガス噴出ポート、更にその外周に酸素ガス噴出ポートが設けられていてもよい。

【0024】前記第2の水素ガス噴出ポートに内包される酸素ガス噴出ポートは任意の列数で設けることができるが、通常は1～3列程度が好ましく、特に2列の構成が実用的である。また、各酸素ガス噴出ポートは、通常各列毎に単一の焦点距離を有するように構成するが、各列内において焦点距離が異なる二つ以上の群を形成させてもよい。



## 【0025】

【発明の実施の形態】本発明の好ましい一実施形態を図1(a)に示す。中心のガラス原料ガス噴出ポート1の外周に第1の可燃性ガス噴出ポート2、又は不活性ガス噴出ポート2を設け、この外周に複数の酸素ガス噴出ポートを内包する環状の第2の水素ガス噴出ポート5を設ける。酸素ガス噴出ポートは中心のガラス原料ガス噴出ポート1に対して同心円上に2列配列され、各列毎に同一の焦点距離を有する酸素ガス噴出ポート群3、4を形成している。このとき、酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離を1とした場合に、第1列の酸素ガス噴出ポート群3の焦点距離を1〜4、好ましくは1〜2とし、第2列の酸素ガス噴出ポート群4の焦点距離を1〜6、好ましくは1〜4、更に好ましくは1、1〜4とし、かつ第1列の酸素ガス噴出ポート群3の焦点距離よりも小さくならないように、好ましくは第1列の酸素ガス噴出ポート群3の焦点距離よりも大きくするように設定することで、ガラス原料ガスと火炎(H<sub>2</sub>Oガス、O<sub>2</sub>ガス)との反応によって生成したガラス微粒子の流れを乱すことなく、ガラス微粒子を堆積面に付着、堆積させることができるので、合成速度を向上させることが可能となる。第1列の酸素ガス噴出ポート群3の焦点距離が、酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離よりも小さい場合(1未満)には、生成ガラス微粒子の流れが乱れ、酸素ガス噴出ポート先端に付着、ガラス化してバーナの継続使用が困難となる。また、4倍以上に長くすることは、ガラス原料ガスとH<sub>2</sub>Oガス、酸素ガスと反応する位置がバーナから遠ざかり、反応時間が短くなるため、十分な反応時間を確保するためには、バーナを堆積面から離すことが必要となる。その結果、母材を加熱するための熱量が不足するためより多くのガスを供給する必要性が生じ、ガス使用量の増大を招くことになる。

【0026】一方、第2列の酸素ガス噴出ポート群4の焦点距離を第1列の酸素ガス噴出ポート群3の焦点距離より短くすることは、生成したガラス微粒子流が乱れ、火炎の乱れを招くので好ましくない。また、第2列の酸素ガス噴出ポート群4の焦点距離が、酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離よりも小さい場合には、生成したガラス微粒子の流れが乱れ、火炎の乱れが生じるので、好ましくなく、逆に焦点距離を必要以上に長くすることは、堆積面上でのガラス微粒子の付着効率を低下させるばかりでなく、母材の加熱効果をも低下させるので好ましくない。第2列の酸素噴出ポートの焦点距離が、酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離を1としたとき、1〜6、好ましくは1〜4となるバーナ構造とすれば、上記不具合点を改善できるので、ガラス微粒子の効率的な反応、付着が可能となり、合成速度を向上させるのに有効となる。この実施形態において説明した第2の水素ガス噴出

ポートに内包される酸素ガス噴出ポート群における焦点距離の相互関係は以下の第2〜第8の実施形態において同じである。

【0027】更に、第2の実施形態を図1(b)に示す。中心にガラス原料ガス噴出ポート1、この外周に円環状の第1の水素ガス噴出ポート2、又は不活性ガス噴出ポート2を設け、この外周に複数の焦点型構造を有する酸素ガス噴出ポート群3、4を内包した環状の第2の水素ガス噴出ポート5を有し、更にこの外周に環状の不活性ガス噴出ポート6及び酸素ガス噴出ポート7を設けたものである。酸素ガス噴出ポート7を設けることで、複数の酸素ガス複数ポートにより形成される火炎の外周に更に環状の火炎面を形成でき、水素ガスの燃焼効率を向上させ、母材の加熱に貢献できる。これにより、更に大きな母材の製造が可能になる。これらの焦点型バーナにおいて、中心原料ガス噴出ポート1に水素ガスを供給することは、生成したガラス微粒子流を安定化させる上で、特に有効となる。水素ガスを原料ガスとともに添加することで、原料ガスの平均密度は低下し流れの安定化が図れるので(ガラス微粒子は、粒径が成長するに従い慣性力を得るが、それによりガラス微粒子流の流れを乱す要因となる。水素ガスの添加は、この乱れを是正するのに効果がある)、付着効率が向上し、合成速度を向上させることができる。

【0028】また、図1(b)に示す構成において、特に、中心のガラス原料ガス噴出ポート1、及びその外周には第1の可燃性ガス噴出ポート(第1の水素ガス噴出ポート)2を設け、この外周に複数の焦点型構造を有する酸素ガス噴出ポート群3、4を内包した環状の第2の水素ガス噴出ポート5を有し、更にこの外周に環状の不活性ガス噴出ポート6及び酸素ガス噴出ポート7を設けた構造の場合には、ガラス原料ガスと火炎の距離を離すことができ、火炎中心部の温度上昇を抑えることが可能となるとともに、中心のガラス原料ガス噴出ポート先端にガラス微粒子が付着、ガラス化するのを防止できる。即ち、火炎は第2の水素ガス噴出ポートにおいて、この環状ポートの内部に配置した酸素ガス噴出ポートとの間で燃焼反応が発生して形成される。従って、火炎形成用の第2水素ガス噴出流路とガラス原料ガス噴出ポートとの間に第1の水素ガス噴出流路を設けることで、ガラス原料ガスと火炎との距離を離すことが可能となる。また、第1の水素ガス噴出ポートを設けることにより、第2の水素ガス噴出ポートから流す水素ガス流量を減量することができるので、トータルのガス消費量を抑えることができる。その結果、製造コストの削減が可能となる。

【0029】本発明の第3の実施形態においては、図1(a)に示されるバーナで、中心のガラス原料ガス噴出ポート1の外周に円環状の第1の水素ガス噴出ポート2及び更にその外周に円環状の不活性ガス噴出ポート(図

示していない) を設ける。これにより、ガス噴出口先端でのガラス原料ガスと $H_2O$ 火炎との反応が抑制され、ガラス原料ガス噴出ポート、その外周の円環状の第1の水素ガス噴出ポート先端にガラス微粒子が付着、ガラス化するのを防止するという効果をより奏することが可能となる。更に必要に応じて第2の水素ガス噴出ポート5の外周に円環状の不活性ガス噴出ポート6及び酸素ガス噴出ポート7を設けてもよく、これにより上記図1

(b)の場合と同様の効果を奏することができる。更に、この場合も、ガラス原料ガス噴出ポート1に水素ガスを供給して原料ガスの反応効率、付着効率を上げるようにしてもよい。

【0030】次に、第4の実施形態を図1(c)に示す。この構成は、中心にガラス原料ガス噴出ポート1a、この外周に円環状の第2のガラス原料ガス噴出ポート1b、その外周に円環状の第1の可燃性ガス噴出ポート2、又は不活性ガス噴出ポート2を設け、この外周に複数の焦点型構造を有する酸素ガス噴出ポート群3、4を内包した環状の第2の水素ガス噴出ポート5を有し、更にこの外周に環状の不活性ガス噴出ポート6及び酸素ガス噴出ポート7を設けたものである。特に、OVD法で、ガラス微粒子を堆積、積層させる場合には、堆積初期のターゲット面積が小さいため、ガラス微粒子の付着効率が低下する。この場合、堆積初期においては、比較的噴出断面の小さい中心ガラス原料ガス噴出ポートのみからガラス原料ガスを供給し、ガラス微粒子が堆積してターゲット面積がある程度大きくなった時点から、中心ガラス原料ガス噴出ポート1aとともに第2の円環状ガラス原料ガス噴出ポート1bからも原料ガスを供給すれば、より効率的に合成速度を上げることができる。

【0031】本発明の第4の実施形態においては、必要に応じて第2の水素ガス噴出ポート5の外周に円環状の不活性ガス噴出ポート6及び酸素ガス噴出ポート7を設けてもよく、これにより上記図1(b)の場合と同様の効果を奏することができる。更にこの場合もガラス原料ガス噴出ポート1a、1bの両方又はいずれか一方に水素ガスを供給するようにして原料ガスの反応効率、付着効率を上げるようにしてもよい。

【0032】本発明の第5の実施形態においては、図1(d)に示すように、中心付近にガラス原料ガス噴出ポート1、1'を2個設け、これらガラス原料ガス噴出ポート1、1'の外周に各々円環状の第1の水素ガス噴出ポート2、2'又は不活性ガス噴出ポート2、2'を設けて成り、更にこれらの外周には円環状の第2の水素ガス噴出ポート5に内包された複数の酸素ガス噴出ポート群3、4が、ガラス原料ガス噴出ポートに対し同心円上に1列、あるいは複数列配列し、かつその焦点距離を前記と同様とする。

【0033】本発明の第5の実施形態においては、必要に応じて第2の水素ガス噴出ポート5の外周に円環状の

不活性ガス噴出ポート6及び酸素ガス噴出ポート7を設けてもよく、これにより上記図1(b)の場合と同様の効果を奏することができる。更にこの場合もガラス原料ガス噴出ポート1、2の両方又はいずれか一方に水素ガスを供給して原料ガスの反応効率、付着効率を上げるようにしてもよい。

【0034】本発明の第6の実施形態においては、図1(d)に示されるバーナで2個のガラス原料ガス噴出ポート1、1'の各々の外周に円環状の第1の水素ガス噴出ポート2、2'、更にその外周に各々円環状の不活性ガス噴出ポート(図示していない)を設け、かつ焦点距離を前記と同様とする。更に必要に応じて第2の水素ガス噴出ポート5の外周に円環状の不活性ガス噴出ポート6及び酸素ガス噴出ポート7を設けてもよく、これにより上記図1(b)の場合と同様の効果を奏することができる。更にこの場合もガラス原料ガス噴出ポート1、2の両方又はいずれか一方に水素ガスを供給して原料ガスの反応効率、付着効率を上げるようにしてもよい。

【0035】本発明の第7の実施形態においては、図1(d)に示されるバーナで2個のガラス原料ガス噴出ポート1、1'の各々の外周に円環状の第2のガラス原料ガス噴出ポート(図示していない)、更にその外周に各々円環状の第1の水素ガス噴出ポート又は不活性ガス噴出ポート2、2'を設け、かつ焦点距離を前記と同様としたものである。更に必要に応じて第2の水素ガス噴出ポート5の外周に円環状の不活性ガス噴出ポート6及び酸素ガス噴出ポート7を設けてもよく、これにより上記図1(b)の場合と同様の効果を奏することができる。更にこの場合もガラス原料ガス噴出ポート1、2の両方又はいずれか一方に水素ガスを供給してガラス原料ガスの反応効率、付着効率を上げるようにしてもよい。

【0036】上記の図1(d)に示される各実施形態の構造は、中心付近のガラス原料ガス噴出ポートを複数化したこと、及び焦点型の複数の酸素噴出流路を備えることに特徴がある。中心の原料ガスポート径は、小さい方が単位体積当たりのガラス微粒子密度を大きくすることができるので好ましいが、より合成速度を上げるためには、ガラス原料ガス流路を増加させることが必要不可欠である。単に原料ガス流量を増加させるだけでは、流速が増加し、原料ガスと火炎との反応時間が低下するので好ましくない。そこで、流速の増加を避けるために、ガラス原料ガス噴出ポートを複数個化することがより効果的となる。

【0037】本発明において、焦点距離が酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離を1としたとき、第1列の酸素ガス噴出ポート群が1~4、好ましくは1~2であり、第2列の酸素ガス噴出ポート群が1~6、好ましくは1~4と特定する理由は1未満の場合は、原料流が乱れてガス噴出口(円環状噴出口、酸素噴出口)にガラス微粒子が付着、ガラス化し、また

合成速度も低下してしまうし、4又は6を超えると、原料ガスと $H_2O$ ガスとの反応が進行せず、ガラス微粒子の生成が不十分となること及び堆積面上での加熱効率が低下することにより合成速度が低下するからである。酸素ガス噴出ポート群の焦点距離が、酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離を1としたとき、それぞれ1~4及び1~6である本発明のガラス微粒子合成用焦点型バーナの焦点距離と堆積面との位置関係の概略説明図を図3に、焦点距離が1未満であるバーナにおける焦点距離と堆積面との位置関係の概略説明図を図4に示す。また、上記の各実施形態において、複数の酸素ガス噴出流路は1列のみの構成でもよく、例えば1つ置きに焦点距離の異なる酸素ガス噴出ポートを設け、本発明で特定された上記の焦点距離の関係を満たすように設定することができる。

#### 【0038】

【実施例】以下本発明を実施例により更に詳細に説明するが限定を意図するものではない。

（実施例1）図1（a）の構造のバーナを用いて図2に示すような構成で、ガラス微粒子の合成を行った。図2で8はバーナ、9はロッド、10はガラス微粒子を示す。中心のガラス原料ガス噴出ポートは、外径6mm、内径4mmのパイプで構成した。また、この外周に、外径10mm、内径8mmのパイプで第1の水素ガス噴出ポートを形成し、第2の水素ガス噴出ポートは、外径37mm、内径35mmのパイプを先端部で絞り、ガス噴出出口では、外径32mm、内径30mmとした。この内部に外径3.0mm、内径1.5mmの酸素ガス噴出ポートを同心円上に第1列、第2列に各々8本ずつ、合計16本配置させた。第1列の焦点距離は、220mm、第2列の焦点距離は、360mmに設定した。原料ガスは、 $SiCl_4$ を5リットル/分、水素ガスは、第1の水素ガス噴出ポートから、2リットル/分、第2の水素ガス噴出ポートから、120リットル/分、酸素ガスは、50リットル/分に設定した。バーナのセッティング位置は、酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離を120mmと一定になるように、堆積中バーナを後退させながら多孔質母材の合成を行った。この結果、合成速度は、8g/分であった。

【0039】（比較例1）実施例1と同様のガラス原料ガス噴出ポート、第1の水素ガス噴出ポートを有し、第2の水素ガス噴出ポートは、ガス噴出出口において、外径32mm、内径30mmのストレート構造とし、この内部にストレートの酸素ガス噴出ポートを同心円上に第1列、第2列に各々8本ずつ、合計16本配置させた。各々のガス流量、バーナのセッティング位置は、実施例1と同様にして多孔質母材の合成を行ったところ、合成速度は、6g/分と大幅に低下した。本比較例では、酸素噴出ノズルが焦点型でないため、原料ガスと $H_2O$ ガスとの反応が進まず、ガラス微粒子の生成が不十分とな

り合成速度が25%も低下した。

【0040】（比較例2）実施例1と同様、ガラス原料ガス噴出ポート、第1の水素ガス噴出ポート、第2の水素ガス噴出ポートを有する構造であるが、第2の水素ガスポートの内部に中心原料ガスポートに対して同心円上に設置される複数の酸素ガス噴出流路は、第1列の8本が焦点距離100mm、第2列の8本が焦点距離140mmに設定した。このバーナを用いて、実施例1と同様のガス流量、バーナのセッティング位置で、多孔質母材の合成を行ったところ、酸素ガス噴出流路の先端にガラス微粒子が付着、堆積してガラス化し、継続使用が困難となったため、合成を中断した。この場合は焦点距離の比が1未満のためガラス合成ができなくなったものである。

【0041】（実施例2）図1（b）に示す構造のバーナを用いて、図2に示す構成にてガラス微粒子の合成を行った。このバーナは、実施例1で使用したバーナの外周に外径36mm、内径34mm（ガス噴出出口において）の不活性ガス噴出ポート、更にその外周に外径42mm、内径39mm（ガス噴出出口において）の酸素ガス噴出ポートを設けた。実施例1と同様の実施形態に加えて、第2水素ガス噴出ポート外周の不活性ガス噴出ポートから、Ar（アルゴン）4リットル/分、最外層の円環状酸素ガス噴出ポートから、酸素ガスを30リットル/分供給した。この結果、合成速度は、9g/分と良好であった。

【0042】（実施例3）実施例2と同様の実施形態にて、図1（b）のバーナを用い、中心のガラス原料ガス噴出ポートに水素ガス3リットル/分を供給して、多孔質母材の合成を行った。その結果、合成速度は、10g/分と向上した。

【0043】（実施例4）第2の水素ガス噴出ポート内の酸素ガス噴出ポートのうち第1列の焦点距離を190mm、第2列の焦点距離を220mmとし、酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離を190mmとしたほかは実施例3と同様の条件で多孔質母材の合成を行った。その結果、合成速度は、11.5g/分と良好であった。

【0044】（実施例5）図1（c）に示す構造のバーナを用いて図2に示すような構成で、ガラス微粒子の合成を行った。中心のガラス原料ガス噴出ポートは、外径3.5mm、内径2mmのパイプで構成した。また、この外周に、外径6.5mm、内径5mmのパイプで第2のガラス原料ガス噴出ポートを形成し、その外周に、外径9.5mm、内径8mmのパイプで第1の水素ガス噴出ポートを形成した。更に第2の水素ガス噴出ポートは、外径37mm、内径35mmのパイプを先端部で絞り、ガス噴出出口では、外径32mm、内径30mmとした。この内部に外径3.0mm、内径1.5mmの酸素ガス噴出ポートを同心円上に第1列、第2列に各々8

本ずつ、合計16本配置させた。第1列の焦点距離は、220mm、第2列の焦点距離は、360mmに設定した。第2の水素ガス噴出ポートの外周には、外径36mm、内径34mm（ガス噴出出口において）の不活性ガス噴出ポート、更にその外周に外径42mm、内径39mm（ガス噴出出口において）の酸素ガス噴出ポートを設けた。原料ガス（SiCl<sub>4</sub>）は、中心ガラス原料ガス噴出ポートに4リットル/分供給し、多孔質母材の外径が50mmになった時点で第2のガラス原料ガス噴出ポートに更に2リットル/分、原料ガス（SiCl<sub>4</sub>）を供給した。水素ガスは、第1の水素ガス噴出ポートから、2リットル/分、第2の水素ガス噴出ポートから、120リットル/分、複数の酸素ガス噴出ポートには酸素ガスを50リットル/分供給し、外周の不活性ガス噴出ポートから、Ar（アルゴン）4リットル/分、最外層の円環状酸素ガス噴出ポートから、酸素ガスを30リットル/分供給した。バーナのセッティング位置は、酸素ガス噴出ポート先端から、多孔質ガラス母材堆積面までの距離を120mmと一定になるように、堆積中バーナを後退させながら多孔質母材の合成を行った。この結果、合成速度は、10g/分であった。

【0045】（実施例6）実施例5と同様の実施形態にて、中心のガラス原料ガス噴出ポートに水素ガス3リットル/分を供給し、更に第2のガラス原料ガス噴出ポートに水素ガス2リットル/分を供給して、多孔質母材の合成を行った。その結果、合成速度は、11g/分まで向上した。

【0046】（実施例7）図1（d）の構造のバーナを用いて図2に示すような構成で、ガラス微粒子の合成を行った。中心付近にある2個のガラス原料ガス噴出ポートは各々、外径4.5mm、内径3mmのパイプで構成し、この外周には外径8.5mm、内径6mmのパイプで第1の水素ガス噴出ポートを形成した。第2の水素ガス噴出ポートは、外径50mm、内径48mmのパイプを先端部で絞り、ガス噴出出口では、外径40mm、内径38mmとした。この内部に外径3.0mm、内径1.5mmの第1列酸素ガス噴出ポートをガラス原料ガス噴出ポート中心に対して同心円上に5本ずつ配置し、更にその外側に第2列酸素ガス噴出ポートとしてガラス原料ガス噴出ポート中心に対して同心円上に5本ずつ設け、合計20本配置させた。第2水素ガス噴出ポートの外周には、外径44mm、内径42mm（ガス噴出出口において）の不活性ガス噴出ポート、更にその外周に外径50mm、内径47mm（ガス噴出出口において）の酸素ガス噴出ポートを設けた。第1列の焦点距離は、220mm、第2列の焦点距離は、400mmに設定した。原料ガスは、SiCl<sub>4</sub>を5リットル/分、水素ガスは第1の水素ガス噴出ポートから、2リットル/分、第2の水素ガス噴出ポートから、180リットル/分、複数の酸素ガス噴出ポートに供給する酸素ガスは60リ

ットル/分に設定し、更に外周の不活性ガス噴出ポートから、Ar（アルゴン）4リットル/分、最外層の円環状酸素ガス噴出ポートから、酸素ガスを40リットル/分供給した。バーナのセッティング位置は、酸素ガス噴出ポート先端から、多孔質ガラス母材堆積面までの距離を120mmと一定になるように、堆積中バーナを後退させながら多孔質母材の合成を行った。この結果、合成速度は、11g/分であった。

【0047】（実施例8）実施例7と同様の実施形態にて、中心のガラス原料ガス噴出ポートに水素ガス3リットル/分を供給して、多孔質母材の合成を行った。その結果、合成速度は、12g/分まで向上した。

【0048】（実施例9）図1（d）に類似した構造のバーナにおいて、中心付近に3層のパイプを有するバーナを用いて、図2に示すような構成で、ガラス微粒子の合成を行った。中心付近にある2個のガラス原料ガス噴出ポートは各々、外径3.0mm、内径1.5mmのパイプで構成し、この外周には外径6.0mm、内径4.5mmのパイプで第1の水素ガス噴出ポートを形成し、更にその外周には、外径9.0mm、内径7.5mmのパイプで第1の不活性ガス噴出ポートを形成した。第2の水素ガス噴出ポートは、外径50mm、内径48mmのパイプを先端部で絞り、ガス噴出出口では、外径40mm、内径38mmとした。この内部に外径3.0mm、内径1.5mmの第1列酸素ガス噴出ポートをガラス原料ガス噴出ポート中心に対して同心円状に5本ずつ配置し、更にその外側に第2列酸素ガス噴出ポートとして、ガラス原料ガス噴出ポート中心に対して同心円状に5本ずつ設け、合計20本配置させた。第2水素ガス噴出ポートの外周には、外径44mm、内径42mm（ガス噴出出口において）の第2の不活性ガス噴出ポート、更にその外周に外径50mm、内径47mm（ガス噴出出口において）の酸素ガス噴出ポートを設けた。第1列の焦点距離は、200mm、第2列の焦点距離は、400mmに設定した。原料ガスは、SiCl<sub>4</sub>を5リットル/分、水素ガスは、第1の水素ガス噴出ポートから、2リットル/分、第1の不活性ガス噴出ポートから、Ar（アルゴン）1.5リットル/分、第2の水素ガス噴出ポートから、180リットル/分、複数の酸素ガス噴出ポートに供給する酸素ガスは、60リットル/分に設定し、更に外周の第2の不活性ガス噴出ポートから、Ar（アルゴン）4リットル/分、最外層の円環状酸素噴出ポートから、酸素ガスを40リットル/分供給した。バーナのセッティング位置は、酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積面までの距離を150mmと一定になるように、堆積中バーナを後退させながら多孔質母材の合成を行った。この結果、合成速度は、11.5g/分であった。

【0049】（実施例10）実施例9と同様の実施形態にて、中心ガラス原料ガス噴出ポートに水素ガス3リッ

トル/分を供給して、多孔質母材の合成を行った。その結果、合成速度は、12.5g/分まで向上した。

【0050】(実施例11)図1(d)に類似した構造のバーナにおいて、中心付近に3層のパイプを有するバーナを用いて、図2に示すような構成で、ガラス微粒子の合成を行った。中心付近にある2個のガラス原料ガス噴出ポートは各々、外径3.0mm、内径1.5mmのパイプで構成し、この外周には第2の原料ガス噴出ポートとして、外径6.0mm、内径4.5mmのパイプを形成し、更にその外周には、外径9.0mm、内径7.5mmのパイプで第1の不活性ガス噴出ポートを形成した。水素ガス噴出ポート、外径50mm、内径48mmのパイプを先端部で絞り、ガス噴出出口では、外径40mm、内径38mmとした。この内部に外径3.0mm、内径1.5mmの第1酸素ガス噴出ポートをガラス原料ガス噴出ポート中心に対して同心円状に5本ずつ配置し、更にその外側に第2列酸素ガス噴出ポートとして、ガラス原料ガス噴出ポート中心に対して同心円状に5本ずつ設け、合計20本配置させた。水素ガス噴出ポートの外周には、外径44mm、内径42mm(ガス噴出出口において)の第2の不活性ガス噴出ポート、更にその外周に外径50mm、内径47mm(ガス噴出出口において)の酸素ガス噴出ポートを設けた。第1列の焦点距離は、200mm、第2列の焦点距離は、400mmに設定した。原料ガス(SiCl<sub>4</sub>)は、中心ガラス原料ガス噴出ポートから2.5リットル/分供給し、多孔質母材の外径が50mmになった時点で第2のガラス原料ガス噴出ポートに更に2リットル/分原料ガス(SiCl<sub>4</sub>)を供給した。その外周の第1の不活性ガス噴出ポートから、Ar(アルゴン)1.5リットル/分供給し、更に水素ガス噴出ポートから、水素ガスを120リットル/分、複数の酸素ガス噴出ポートには酸素ガスを50リットル/分供給し、その外周の第2の不活性ガス噴出ポートから、Ar(アルゴン)4リットル/分、最外層の円環状酸素ガス噴出ポートから、酸素ガスを30リットル/分供給した。バーナのセッティング位置は、酸素ガス噴出ポート先端から多孔質ガラス母材堆積

面までの距離を120mmと一定になるように、堆積中バーナを後退させながら多孔質母材の合成を行った。この結果、合成速度は、10g/分であった。

【0051】(実施例12)実施例11と同様の実施形態にて、中心ガラス原料ガス噴出ポート、及びその外周のガラス原料ガス噴出ポートから、水素ガスを各々2リットル/分を供給して、多孔質母材の合成を行った。その結果、合成速度は、12g/分まで向上した。

【0052】

10 【発明の効果】以上説明したように、本発明の構成の製造方法及びバーナによれば、効率的な火炎形成を実現し、かつ生成したガラス微粒子の流れを乱さずに、ターゲット上に付着、堆積させることができるので、ガラス微粒子の生成、堆積を効率的に行うことができ、生産性に優れた合成速度の高い母材製造が可能となる。また、実施例では示さなかったが、複数の酸素ガス噴出流路が1列のみ又は複数列であって、それらの焦点距離が単一となる構成のバーナ構造においても、本発明で示す焦点距離に設定することにより、合成速度の向上が図れる。

20 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明のバーナ構造を示した概略図。

【図2】図2はOVD法で出発ロッド外周に多孔質ガラス母材を合成するときの構成を概略説明する図。

【図3】図3は本発明の焦点距離と堆積面との位置関係を概略説明した図。

【図4】図4は従来のバーナ構造、及び焦点距離と堆積面との位置関係を概略説明した図。

【符号の説明】

1 ガラス原料ガス噴出ポート

30 2 第1の可燃性ガス噴出ポート又は不活性ガス噴出ポート

3 酸素ガス噴出ポート群

4 酸素ガス噴出ポート群

5 第2の水素ガス噴出ポート

6 不活性ガス噴出ポート

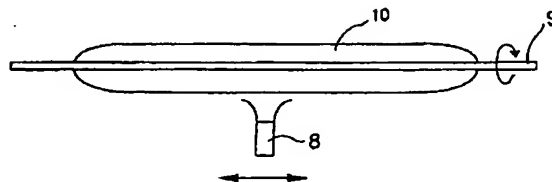
7 酸素ガス噴出ポート

8 バーナ

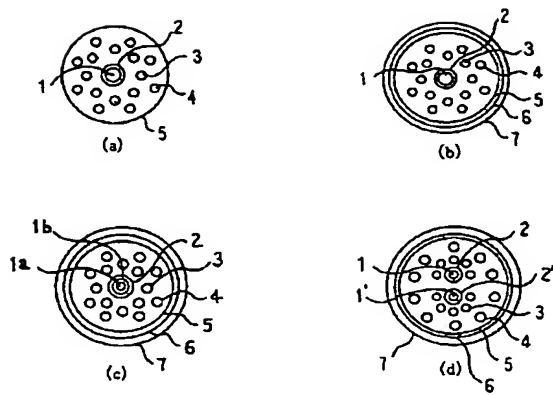
9 ロッド

10 ガラス微粒子

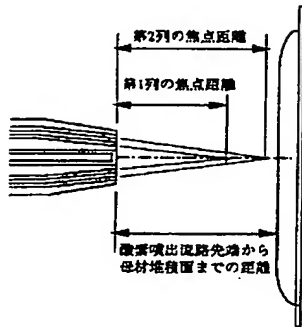
【図2】



【図1】



【図4】



【図3】

